

黄淮麦区种植密度对晚播冬小麦花后氮素代谢和利用率的影响

张金宝¹, 秦霞², 孙佩贤³, 胡根海¹, 曹银萍¹

(1 河南科技学院 生命科技学院, 河南 新乡 453003; 2 新乡县林业局, 河南 新乡 453003;

3 新乡县农业局, 河南 新乡 453003)

[摘要] 【目的】研究种植密度对晚播冬小麦氮素同化、分配及其利用效率的影响, 为黄河流域晚播冬小麦的高产和氮肥高效利用提供参考依据。【方法】以“新麦 18”为材料, 研究了低(150 万株/hm²)、中(225 万株/hm²)、高(300 万株/hm²) 3 个种植密度对适度晚播(10-26)冬小麦花后氮素代谢和氮素利用的影响。【结果】与正常播期(10-15)冬小麦相比, 晚播冬小麦旗叶硝酸还原酶活性和可溶性蛋白含量较高, 但因生育期缩短, 其全株氮素积累量、籽粒含氮量、产量和氮素利用效率均有所降低。晚播冬小麦中、高密度处理旗叶的硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶活性及旗叶可溶性蛋白含量较高, 且中密度处理叶片含氮量、籽粒和全株氮素积累量较高。最终, 中、高密度处理的籽粒产量和氮素利用效率高于低密度处理。【结论】在本试验条件下, “新麦 18”在适度晚播条件下兼顾高产和高效利用氮素的适宜播种密度为 225 万株/hm²。

[关键词] 黄淮麦区; 晚播冬小麦; 种植密度; 氮素代谢; 氮素利用率

[中图分类号] S512.1⁺10.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2010)12-0112-05

Effects of plant density on nitrogen metabolism and nitrogen use efficiency of late sown winter wheat in Yellow and Huai Valley in China

ZHANG Jin-bao¹, QIN Xia², SUN Pei-xian³, HU Gen-hai¹, CAO Yin-ping¹

(1 School of Life Science and Technology, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, Henan 453003, China;

2 Xinxiang County Forestry Bureau, Xinxiang, Henan 453003, China;

3 Xinxiang County Agriculture Bureau, Xinxiang, Henan 453003, China)

Abstract: 【Objective】Effects of plant density on nitrogen metabolism and nitrogen use efficiency of late sown winter wheat were studied to provide a basis for high-yield and efficient use of nitrogen fertilizer of late sown winter wheat in Yellow and Huai Valley in China. 【Method】We conducted an experiment to study the effects of plant density on nitrogen metabolism and nitrogen use efficiency of late sown winter wheat in 2007—2008. 【Result】The results showed that, compared with normal sowing (October 15), late sowing (October 26) enhanced the activity of nitrate reductase and the soluble protein content in flag leaf. However, the nitrogen accumulation amount of whole plant, nitrogen concentration of grain, grain yield and nitrogen use efficiency of that were reduced because of shorter growing period. Under the condition of late sowing, the activity of nitrate reductase, glutamine synthetase, the soluble protein content in flag leaf was higher under medium plant density (225×10^4 plants/hm²) and high plant densities (300×10^4 plants/hm²) than that under low density, so were the leaf nitrogen content, the contribution of translocation nitrogen to

* [收稿日期] 2010-04-08

[基金项目] 公益性行业(农业)科研专项(nyhyzx07-005-07); 新乡县 2009 年小麦良种补贴项目

[作者简介] 张金宝(1980—), 男, 河南汤阴人, 实验师, 硕士, 主要从事农作物育种与栽培研究。E-mail: zhjinbao@126.com

grain nitrogen accumulation. Thus, grain yield and nitrogen use efficiency under medium and high plant densities(300×10^4 plants/hm²) were higher than that under low density. 【Conclusion】 In the areas with the condition similar to this experiment, when considering both yield and grain quality, Xinmai 18 is suggested with the densities 225×10^4 plants/hm² for moderate late sowing.

Key words: Yellow and Huai Valley; late sown winter wheat; plant density; nitrogen metabolism; nitrogen use efficiency

黄淮麦区晚播冬小麦面积大、分布广、类型多,其形成原因主要有 2 个:一是由于前茬作物成熟、收获偏晚,腾不出茬口而延期播种形成了晚茬麦;二是由于播种期天气干旱、土壤墒情不足,或秋季降雨过多、土壤泥泞、不宜耕种而推迟播种形成晚播小麦^[1]。晚播小麦由于冬前生育期缩短,使个体发育迟缓,单株分蘖减少,群体分蘖不足,需适当增加播种量^[2-4]。氮代谢是植株体内最基本的物质代谢之一,对小麦的产量和品质有重要影响^[5]。研究表明,小麦籽粒蛋白质含量与氮代谢密切相关,其中硝酸还原酶(NR)和谷氨酰胺合成酶(GS)是氮素同化的关键酶^[6]。旗叶是小麦体内氮素贮存与同化的主要营养器官,其含氮量高意味着具有较高的代谢活性,有利于形成较高的产量^[7-8]。冬小麦开花后各器官的氮素分布及其重新调运过程,对于增加小麦产量、提高籽粒蛋白质含量和改善品质具有重要意义^[9]。种植密度的改变使晚播小麦各生育阶段所处的环境条件发生了变化,不仅影响小麦根系生长发育和群体数量与质量,而且还影响小麦对氮素的吸收同化及其分配,最终影响到籽粒蛋白质含量与产量^[2-11]。前人对不同密度下晚播小麦灌浆期光合物质同化、分配及群体调节的效应进行了研究^[12],但有关种植密度对氮素同化、分配及氮素利用率影响的研究较少。本试验以黄淮冬麦区生产中大面积推广种植的“新麦 18”为材料,研究种植密度对晚播冬小麦氮素同化、分配及氮素利用率的影响,以期对晚播小麦高产和氮肥高效利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验于 2007—2008 年在河南科技学院试验基地进行。供试小麦品种为“新麦 18”。试验采用裂区设计,主区为播期,设适播(10-15 播种)和晚播(10-26 播种)2 个水平;副区为种植密度,设基本苗 150 万株/hm²(低密度,L)、225 万株/hm²(中密度,M)和 300 万株/hm²(高密度,H) 3 个水平。每小区均施纯 N 225.0 kg/hm², P₂O₅ 135.0 kg/hm², K₂O 75.0

kg/hm²。磷、钾肥为底肥,氮肥 50%基施,50%于拔节期追施。小区面积 20 m²,行距 20 cm,3 次重复。

1.2 测定指标及方法

于小麦开花期,每处理选开花时间和穗型、茎高相近的单茎 120 个挂牌标记。于花后 0,7,14,21 和 28 d 上午 10:00,每处理均取 6 片旗叶,用活体法^[13]测定 NR 活性,并参照王小纯等^[8]的方法测定 GS 活性。于开花期、成熟期每小区分别取 30 个单茎用于单茎氮素运转测定,同时在成熟期每小区分别取 20 株用于氮素积累量分配测定,按叶、茎、鞘、穗轴(含颖壳)、籽粒分样,105 ℃下杀青 20 min,80 ℃烘至恒质量,称干质量。样品粉碎后,用凯氏定氮法测定全氮含量,籽粒蛋白质含量按单茎籽粒全氮量的 5.7 倍换算^[14]。小麦成熟后每小区收获 4 m² 计产。氮素收获指数和利用效率以单株样品数据计算。

单茎氮素转运量(mg) = 开花期全氮量 - 成熟期全氮量(不包括籽粒)^[15];

对籽粒氮贡献率 = 氮素转运量(或花后同化氮素量)/成熟期籽粒全氮量 $\times 100\%$ ^[15];

氮素收获指数 = 籽粒氮素量/地上部总氮量^[15];

氮素利用效率 = 籽粒产量/地上部总氮量 $\times 100\%$ ^[15]。

2 结果与分析

2.1 种植密度对晚播冬小麦花后旗叶 NR、GS 活性和可溶性蛋白(SP)含量的影响

2.1.1 NR 活性 由图 1 可见,适播小麦旗叶 NR 活性在开花后有降低的趋势,晚播小麦旗叶 NR 活性在花后 14~21 d 略有升高,21 d 后又急剧下降。与适播小麦相比,晚播小麦旗叶 NR 活性显著提高。适播小麦旗叶 NR 活性随播种密度的增加而降低,不同密度间在花后 14 d 之前 NR 活性差异达到显著水平;晚播小麦中密度处理 14 d 之前旗叶 NR 活性显著高于低密度和高密度处理,表明晚播中密度有利于提高小麦旗叶 NR 活性及高 NR 活性的持续时间。

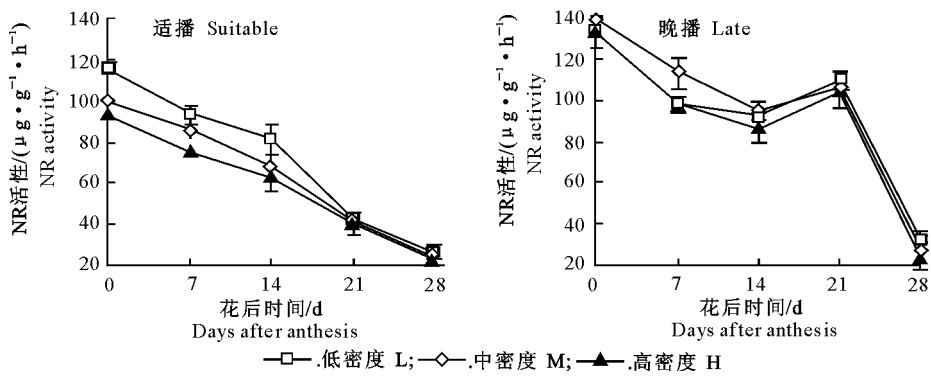


图 1 种植密度对晚播冬小麦花后旗叶 NR 活性的影响

Fig. 1 Effects of plant density on NR activity in flag leaves after anthesis

2.1.2 GS 活性 由图 2 可见,不同播期小麦旗叶 GS 活性在开花后 7 d 最高,之后逐渐下降。晚播和适播小麦旗叶 GS 活性在开花后相差不大。适播小麦中密度处理旗叶 GS 活性在花后 7~21 d 内显著

高于其他 2 个处理,而晚播小麦花后均以中、高密度处理 GS 活性较高,表明小麦旗叶 GS 活性在开花后受播期的影响较小。

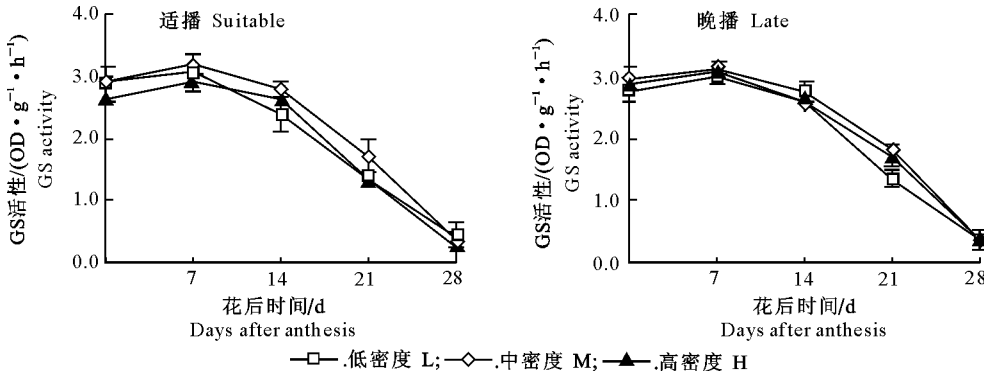


图 2 种植密度对晚播冬小麦花后旗叶 GS 活性的影响

Fig. 2 Effects of plant density on GS activity in flag leaves after anthesis

2.1.3 SP 含量 由图 3 可见,不同播期小麦旗叶的 SP 含量在开花后呈逐渐降低趋势。晚播小麦旗叶 SP 含量在开花期到花后 21 d 显著高于适播小麦。适播中、低密度处理小麦旗叶 SP 含量高于高

密度处理,而晚播小麦旗叶 SP 含量以中、高密度处理较高,表明适播时中、低密度及晚播时高密度有利于小麦旗叶 SP 含量的提高。

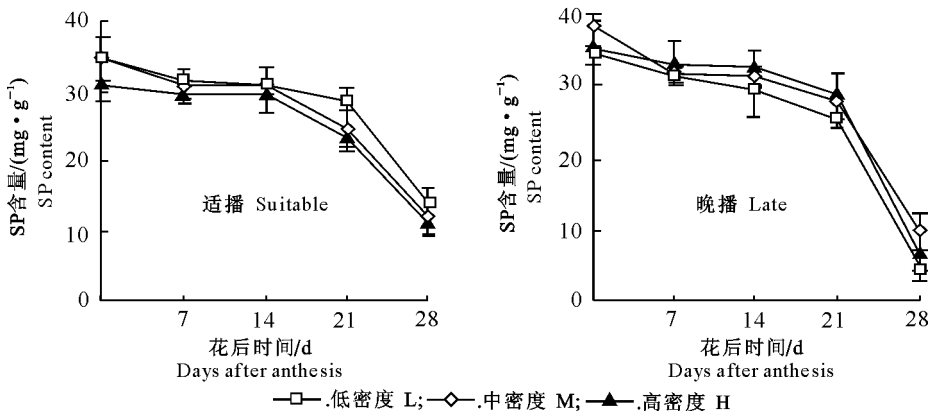


图 3 种植密度对晚播冬小麦花后旗叶 SP 含量的影响

Fig. 3 Effects of plant density on SP content in flag leaves after anthesis

2.2 种植密度对晚播冬小麦成熟期含氮量及氮素积累量的影响

由表 1 可见,成熟期冬小麦各器官含氮量均表现为籽粒>叶片>叶鞘>穗部>茎秆,且不同播期各器官含氮量随播种密度的增加变化趋势不尽相

同。同一种植密度下,晚播小麦籽粒含氮量和氮素积累量均低于适播小麦。两播期中不同密度处理间籽粒含氮量差异均不显著。适播低、中密度籽粒和全株氮素积累量显著高于高密度处理,晚播不同密度处理间籽粒和全株氮素积累量差异不显著。

表 1 种植密度对晚播冬小麦成熟期植株含氮量和氮素积累量的影响

播期 Sowing date	种植密度 Plant density	含氮量/% Nitrogen content				氮素积累量/(kg·hm ⁻²) N accumulation amount		
		叶片 Leaf	茎秆 Stem	叶鞘 Sheath	穗部 Spike	籽粒 Grain	籽粒 Grain	全株 Whole plant
适播 Suitable	L	1.18 a	0.56 b	0.90 a	0.84 a	2.21 a	148.43 a	220.26 a
	M	1.16 b	0.64 a	0.87 b	0.76 b	2.25 a	151.95 a	227.44 a
	H	1.07 c	0.56 b	0.80 c	0.73 c	2.26 a	137.31 b	206.14 b
晚播 Late	L	1.17 c	0.74 a	0.92 a	0.78 c	2.21 a	131.35 a	203.05 a
	M	1.19 b	0.68 b	0.91 a	0.90 a	2.19 a	134.78 a	209.39 a
	H	1.22 a	0.69 b	0.92 a	0.83 b	2.19 a	133.08 a	215.22 a

注:同列数据后标不同小写字母者表示在 $P=0.05$ 水平上差异显著。下表同。
Note:Small letters within a column indicate significance at $P=0.05$ level. The same as follow.

2.3 种植密度对晚播冬小麦籽粒氮素来源的影响

从表 2 可以看出,开花前贮藏氮素转运量对籽粒氮贡献率为 84.15%~93.24%,而花后同化氮素对籽粒氮的贡献率只占到了 6.76%~15.85%,表明籽粒氮素绝大部分来源于营养器官花前积累氮素在花后向籽粒的再运转。晚播小麦低、中、高密度处理营养器官开花前贮藏氮素转运量分别较适播小麦

降低了 9.84%,4.72%,7.38%,花前贮藏氮素对籽粒氮贡献率分别降低了 8.11%,2.98%,0.61%,表明晚播小麦单茎氮素转运量及其对籽粒氮贡献率均低于适播小麦。不同密度处理中,适播小麦低密度处理单茎氮素转运量及其对籽粒氮贡献率最高,而晚播小麦则以低、中密度处理较高。

表 2 种植密度对晚播冬小麦籽粒氮素来源的影响

Table 2 Source of grain nitrogen in different plant density treatments

播期 Sowing date	种植密度 Plant density	蛋白质含量/% Protein content	单茎氮素 转运量/mg Transfer amount	对籽粒氮贡献率/% Percentage in grain nitrogen	花后同化量/ (mg·株 ⁻¹) Assimilation amount in after-anthesis	对籽粒氮贡献率/% Percentage in grain nitrogen
适播 Suitable	L	14.30 a	40.73 a	93.24	2.96 d	6.76
	M	14.55 a	37.50 b	88.91	4.68 c	11.09
	H	14.56 a	35.51 c	84.67	6.43 a	15.33
晚播 Late	L	14.31 a	36.72 a	85.68	6.14 a	14.32
	M	14.19 a	35.73 ab	86.26	5.69 b	13.74
	H	14.18 a	32.89 b	84.15	6.19 a	15.85

2.4 种植密度对晚播冬小麦产量及氮素利用率的影响

由表 3 可以看出,与适播相比,晚播小麦籽粒产量平均降低了 4.32%。晚播小麦中密度处理产量

显著高于低密度处理。晚播小麦的氮素收获指数和氮素利用效率均低于适播小麦,且晚播小麦低、中密度处理的氮素收获指数显著高于高密度处理,而不同密度处理间氮素利用效率差异不显著。

表 3 种植密度对晚播冬小麦产量和氮素利用率的影响

Table 3 N absorption and utilization of winter wheat in different plant densities

播期 Sowing date	种植密度 Plant density	小麦产量/(kg·hm ⁻²) Yield	氮素收获指数 NHI	氮素利用效率/% N use efficiency
适播 Suitable	L	8 706.14 a	0.753 a	38.69 a
	M	8 697.38 a	0.746 a	38.66 a
	H	8 113.50 b	0.751 a	36.06 b
晚播 Late	L	8 022.83 b	0.737 a	35.66 a
	M	8 228.10 a	0.733 a	36.57 a
	H	8 165.39 ab	0.712 b	36.29 a

3 讨 论

NR 和 GS 是氮代谢的关键酶。马冬云等^[5]研究表明,适播条件下,在密度为 75~300 万株/hm² 时,“豫麦 49-198”在花后前 15 d,旗叶 NR 活性以 150 万株/hm² 处理较低,GS 活性随种植密度的增加而增加。李春燕等^[15] 则研究表明,“宁麦 9 号” 150 万株/hm² 处理的旗叶 NR 活性高于 240 万株/hm²处理。这可能是因为 2 个品种的蛋白质含量不同,其对氮素的吸收同化能力不同造成的。本研究结果表明,晚播小麦花后 14 d 前以中密度(225 万株/hm²)处理 NR 活性较高,之后则以低密度(150 万株/hm²)处理较高;GS 活性以中密度(225 万株/hm²)处理较高,这可能是由于低、中密度处理单位面积内植株数量较少,在相同氮素供应条件下,植株根系氮素丰富,个体吸收的 NO₃⁻ 较多,而 NO₃⁻ 是叶片内氮同化的主要调节因子,也是植物吸收硝酸根和诱导氮代谢的正信号,可通过抑制淀粉合成关键酶的基因表达使碳架向着 N 合成的方向转化^[16]。有研究表明,强、中筋小麦 225 万株/hm² 处理的籽粒蛋白质含量高于 300 万株/hm² 处理,但差异不显著^[17],本试验结果与之相符。

于文明等^[18] 认为,高密度不利于小麦植株的氮素积累,过高密度下小麦开花后植株氮素积累量降低;增大密度既不利于小麦营养器官中氮素的转移,也不利于氮素利用效率的提高。Osaki 等^[19] 认为,在 高密度条件下,氮运转率较高是由于动用了过多的叶和茎中的氮,这会削弱营养器官的光合活性,限制碳水化合物对茎以及籽粒的供给,最终影响产量和氮素利用率的提高。本研究表明,晚播小麦不同密度处理群体氮素积累量差异不显著,晚播小麦高密度处理营养器官花前贮存氮素的转运量及其对籽粒氮素的贡献率、氮素收获指数均较低。表明低密度处理因群体不足导致产量较低,高密度处理不利于小麦营养器官中氮素的转移,而中密度处理可以兼顾高产和高效利用氮肥 2 种要求。因此,在本试验条件下,“新麦 18”晚播条件下兼顾高产和高效利用氮素的适宜播种密度为 225 万株/hm²。

[参考文献]

[1] 周庆民,孙昭栋. 黄淮流域晚茬小麦的增产途径与栽培技术[J]. 现代农业科技:下半月刊,2006(10):13-14.
Zhou Q M,Sun Z D. Yield increasing ways and cultivation techniques of late sowing wheat in Yellow River Valley [J]. Modern Agric Sci Tech:Under the Semimonthly,2006(10):13-14.

(in Chinese)
[2] Guberac V,Martincic J,Maric S,et al. Grain yield components of winter wheat new cultivars in correlation grain yield sowing rate [J]. Res Common,2000,28:307-314.
[3] Carr P M,Horsley R D,Poland W W. Tillage and seeding rate effects on wheat cultivars: I. Grain production [J]. Crop Sci, 2003,43:202-209.
[4] Carr P M,Horsley R D,Poland W W. Tillage and seeding rate effects on wheat cultivars: II. Yield components [J]. Crop Sci, 2003,43:210-218.
[5] 马冬云,郭天财,查菲娜,等. 种植密度对两种穗型冬小麦旗叶氮代谢酶活性及籽粒蛋白质含量的影响 [J]. 作物学报,2007, 33(3):514-517.
Ma D Y,Guo T C,Zha F N,et al. Effects of planting density on activity of nitrogen metabolism enzymes in flag leaves and grain protein content in winter wheat with two spike types [J]. Acta Agron Sin,2007,33(3):514-517. (in Chinese)
[6] Lam H M,Coschigano K T,Oliveira I C,et al. The molecular genetics nitrogen assimilation into amino acids in higher plants [J]. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol,1996,47: 569-593.
[7] 王月福,于振文,李尚霞,等. 氮素营养水平对冬小麦氮代谢关键酶活性变化和籽粒蛋白质含量的影响 [J]. 作物学报,2002, 28(6):743-748.
Wang Y F,Yu Z W,Li S X,et al. Effect of nitrogen nutrition on the change of key enzyme activity during the nitrogen metabolism and kernel protein content in winter wheat [J]. Acta Agron Sin,2002,28(6):743-748. (in Chinese)
[8] 王小纯,熊淑萍,马新明,等. 不同形态氮素对专用型小麦花后氮代谢关键酶活性及籽粒蛋白质含量的影响 [J]. 生态学报, 2005,25(4):802-808.
Wang X C,Xiong S P,Ma X M,et al. Effects of different nitrogen forms on key enzyme activity involved in nitrogen metabolism and grain protein content in speciality wheat cultivars [J]. Acta Ecol Sin,2005,25(4):802-808. (in Chinese)
[9] Smith C J,Whitfield D M. Nitrogen accumulation and redistribution of late applied of N-Labelled fertilizer by wheat [J]. Field Crop Res,1990,24:211-228.
[10] 屈会娟,李金才,沈学善,等. 种植密度和播期对冬小麦品种兰考矮早八干物质和氮素积累与转运的影响 [J]. 作物学报, 2009,35(1): 124-131.
Qu H J,Li J C,Shen X S,et al. Effects of plant density and seeding date on accumulation and translocation of dry matter and nitrogen in winter wheat cultivar Lankao Aizao 8 [J]. Acta Agron Sin,2009,35(1):124-131. (in Chinese)
[11] 范金萍,张伯桥,吕国锋,等. 播期对小麦主要品质性状及面团粉质参数的影响 [J]. 江苏农业科学,2003(2):10-12.
Fan J P,Zhang B Q,Lü G F,et al. Effect of sowing-date on major quality traits and dough flour farinograph parameter of wheat [J]. Jiangsu Agric Sci,2003(2):10-12. (in Chinese)